

机箱盖板在潮湿环境中的腐蚀防护研究

尚明辉¹ 兰起洪^{*}

航空工业洛阳电光设备研究所 河南 洛阳 471009

摘要: 通过对腐蚀机箱盖板的外观形貌观察、微观形貌观察、化学成分分析、金相组织分析,对盖板的腐蚀情况进行了研究。研究表明:盖板采用2A12铝合金制作,当带有杂质的水溶液流入机箱时,会造成盖板发生电化学腐蚀。而基于机箱盖板在潮湿环境中的腐蚀机理,提出了相应的改进建议。

关键词: 机箱盖板; 2A12铝合金; 电化学腐蚀; 潮湿环境

引言

铝合金具有密度小、重量轻、比强度高、电导与热导性好等一系列优点,被广泛应用于航空航天中,已成为飞机主要使用的结构材料^[1-2]。在正常自然条件下,铝合金表面具有较强的耐腐蚀性^[3],但在实际使用过程中,铝合金的局部腐蚀现象往往很严重,对于不同形式的局部腐蚀其过程和机理也存在较大差异^[4-6]。

机箱承载着飞机的控制系统,其性能的好坏直接关系到飞行员的安全。而硬铝合金2A12 (Al-Cu-Mg合金) 又因高比强度和优良的综合性能而被大量应用于机箱结构件制作,在不进行特殊处理时,其耐蚀性较差,容易发生腐蚀。在返修机箱拆卸过程中发现,机箱盖板的腐蚀最为严重,表面出现了黑色和白色的腐蚀产物,且在盖板内表面会附着有部分的冷凝水,如图1所示。为此,有必要对腐蚀机箱盖板进行分析,并提出相应的改进措施。



图1 腐蚀机箱盖板

1 试验方法

选取一块腐蚀较为严重的机箱盖板分别进行外观形貌观察、微观形貌观察、化学成分分析和金相组织分析,如图1所示。

具体试验内容和条件如表1所示。

表1 试验内容及条件

试验项目	试验设备	试验方法
外观形貌观察	立体显微镜 (Stemi 2000-C)	按设备商方法
微观形貌观察及成分分析	SEM (SU1510) & EDS (EX250)	加速电压10、15kV
有机成分分析	FTIR 红外光谱仪 (THERMO-Nicolet 6700)	按设备商方法
金相组织分析	金相显微镜 (Zeiss Imager.A2m)	GB/T 13298-2015

2 试验结果

2.1 外观形貌观察

如图2所示,盖板严重腐蚀区域主要集中在盖板内壁,盖板外缘及涂漆区域均未见明显腐蚀形貌。而盖板正常位置为金色或浅黄色,异物位置为白色附着物,个别位置发黑;正常区域可见疑似晶界,发黑位置可见疑似腐蚀形貌。内壁可见明显的刀纹,疑似导电阳极前经

过机加工处理。



图2 腐蚀机箱盖板外观形貌

作者简介: 尚明辉,男,河南洛阳市人,航空工业洛阳电光设备研究所工程师,主要从事精密机械加工、数控加工编程、特种加工等方面的研究。

2.2 微观形貌观察及成分分析

针对盖板上出现的白色物质进行微观形貌分析,同时对四个特征点进行EDS能谱分析,选取的1号点、2号点、3号点处于凸起白色物质上,4号点位于凸起白色物质旁。盖板表面白色物质微观形貌及成分测试位置如图3,检测结果如表2所示,主要成分为氧化铝。

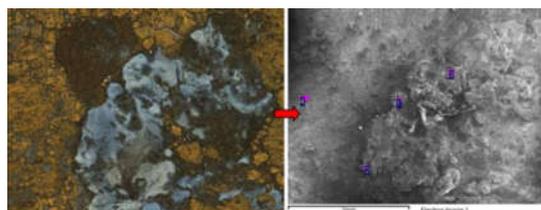


图3 白色物质微观形貌及成分测试位置

表2 白色物质及相邻物质EDS测试结果

序号	Spectrum	C	O	Mg	Al	Cl	Cu	Total
1	1# (白色物质)	6.16	65.53	0.80	27.51	/	/	100.00
2	2# (白色物质)	7.99	65.51	0.60	25.90	/	/	100.00
3	3# (白色物质)	7.54	65.65	0.62	26.19	/	/	100.00
4	4# (白色物质旁)	9.25	61.58	0.79	26.59	0.87	0.92	100.00

针对黑色物质进行微观形貌分析,同时对四个特征区域进行EDS能谱分析,选取的1号区域、2号区域处于黑色物质上,3号区域、4号区域位于黑色物质旁。盖板表面白色物质微观形貌及成分测试位置如图4所示,检测结果如表3所示,主要成分为氧化铝。

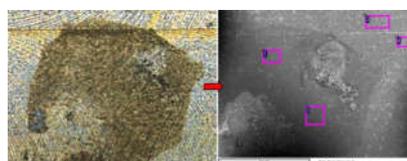


图4 黑色物质微观形貌及成分测试位置

表3 黑色物质及相邻物质EDS测试结果

序号	Spectrum	C	O	Mg	Al	Cr	Cu	Total
1	1# (黑色物质)	5.27	60.69	/	34.04	/	/	100.00
2	2# (黑色物质)	5.43	60.09	/	34.48	/	/	100.00
3	3# (黑色物质旁)	7.46	11.33	1.30	68.58	7.84	3.49	100.00
4	4# (黑色物质旁)	8.44	13.99	1.06	65.09	7.26	4.16	100.00

2.3 有机成分分析

由于使用条件及操作的不可预见性,机箱很容易进入霉菌,霉菌在潮湿的环境性下,又有充足的有机物供其生长,极易在铝合金表面形成霉斑。对盖板进行材料FTIR成份测试,未见明显有机成份,腐蚀产物均为非霉菌。

2.4 金相组织分析

对发生腐蚀的盖板进行截面观察,微观形貌如图5所示,盖板出现了点蚀和晶间腐蚀。

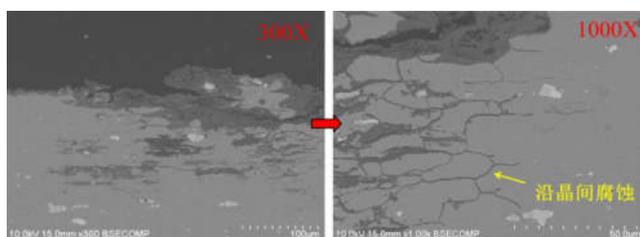


图5 盖板截面金相组织

3 试验结果分析

通过以上试验可知,盖板发生腐蚀的位置主要出现在盖板的内表面(无喷漆处理)。盖板上的黑色和白色腐蚀产物均为盖板发生了点蚀和晶间腐蚀产生的氧化

物,并非霉菌导致。

而机箱盖板采用2A12铝合金制作,表面处理为导电氧化,铝合金中的铜元素对氧化膜生成有害,导致铝铜合金的导电氧化性能较差。且经过导电氧化处理后的铝合金,其基体表面具有一定的润湿性,当有水滴形成时,会附着在基体表面。由于大气存在有大量的尘埃颗粒,它们会沉积在基体表面水滴附着处,倘若颗粒偏碱性(如玻璃、混凝土等颗粒),会吸收大气中酸性物质以平衡颗粒附近酸碱度,其中 SO_2 会分离出来并在水滴周围富积,形成山行堆积物,同时 SO_2 具有较强的吸湿性,会进一步吸收酸性大气并浓缩,使堆积物的pH降低;倘若尘埃颗粒偏酸性,山行堆积物附近水分蒸发及水滴、颗粒多次重新凝结,致使堆积物的pH降低。这些酸性且腐蚀性的物质会融掉铝合金表面的防护层,同时侵入基体,发生电化学腐蚀形成点状白色腐蚀产物。

4 改进措施

针对盖板在潮湿环境中易腐蚀的特点,采取措施如下:

4.1 材料选择

机箱盖板材料为2A12铝合金，其具有较好的机械强度，但耐蚀性很差，一旦与腐蚀介质接触，容易发生电偶腐蚀，而6061铝合金综合机械性能与2A12铝合金接近，但其耐蚀性要强于2A12，在满足强度要求情况下，6061为优选材料。

4.2 提高表面防护

通过12天喷水模拟实验，也验证了2A12铝合金盖板导电氧化后，长期处于有自来水和雨水潮的湿环境中会出现锈蚀，而喷涂保护剂的盖板并未出现锈渍。用在返修产品的机箱和盖板上喷涂SP-2002S保护剂的方法，可明显提升产品的防护性能。

4.3 增加密封处理

机箱漏水是导致盖板产生腐蚀的根本原因，可在机箱各零件的安装配合面上涂抹硅橡胶进行密封，如连接器、法兰盘、螺钉、标牌等安装位置。

参考文献

[1]任颂赞，叶剑，陈德华. 金相分析原理及技术[M]. 上海：上海科学技术文献出版社，2013，755.

[2]周绪绪，刘宝峰，雷欢平，戚小微等. 姿控发动机内舱壳体腐蚀机理分析. 航天制造技术[J]，2017，2:26-28.

[3]SONG D, MA A B, JIANG J H, et al. Corrosion behavior of bulk ultra-fine grained AZ91D magnesium alloy fabricated by equal-channel angular pressing [J]. Corrosion Science, 2011, 53(1): 362-373.

[4]KNIGHT S P, SALAGARASM, TRUEMAN A R. The study of intergranular corrosion in aircraft aluminum alloys using X-ray tomography [J]. Corrosion Science, 2011, 53(2): 727-734.

[5]LER H, KIM Y, JEONG Y, et al. Effects of testing variables on stress corrosion cracking susceptibility of Al 2024-T351 [J]. Corrosion Science, 2012, 55: 10-19.

[6]SZKLA R SKA SMIALOWSKA Z. Pitting corrosion of aluminum [J]. Corrosion Science, 1999, 41(9): 1743-1767.

[7]田尻，胜纪. 铝及其合金的腐蚀与防蚀[J]. 设备数据 & 维修，2000，07: 38-40.